

# Альтернативное углеродсодержащее сырье и промышленный катализ 5 и 6 курс

## Часть 1

### Тема 1. Виды биосырья. Переработка липидов и жиров в различные виды химической продукции

Основные виды биосырья. Жиры. Основные проблемы при переработке биосырья в химические продукт. Лигнин, Целлюлозная биомасса, гемицеллюлоза, белки. Содержание в растительных и животных продуктах. Олеохимия. Процессы выделения липидов и жиров из растительного и животного сырья. Получение свободных высших кислот, спиртов, глицерина и продуктов на его основе. Процессы переработки жиров с использованием реакций окисления, аминирования, гидроформилирования, метатезиса. Потенциал жиров как источников нефтехимического сырья.

### Тема 2. Продукты на основе целлюлозы. Процессы превращения лигнина

Термические методы переработки целлюлозы. Бионефть и возможность ее использования для получения химической продукции. Термохимическая переработка биомассы с использованием газификации. Использование биологических процессов для синтеза химической продукции: этанол, бутанол, изопрен, ацетон, молочная кислота и др. продукты. Основные подходы к дальнейшей переработке достоинства и недостатки. Продукты, получаемые после гидролиза целлюлозы с использованием каталитических превращений. Ксилит и продукты на его основе Фурфурал. Сорбитол и левулиновая кислота..Другие типы кислот и возможности их дальнейшего использования.Пути превращения в традиционные продукты нефтехимии. Возможность превращения лигнина в химические продукты. Сложность задачи переработки лигнина. Процессы окисления и гидрирования, выделения ароматических соединений. Биопиролиз.

## Часть 2

### Тема 1. Гомогенный и гетерогенный катализ

Основные реакции и механизмы в гомогенном катализе. Лиганды. Каталитические циклы. Окислительное присоединение и восстановительное элиминирование. Нуклеофильная атака на лиганды. Электрофильная атака на координированные лиганды. Внутримолекулярные реакции. Двухфазный катализ. Гетерогенные катализаторы – активность, селективность, избирательность. Отдельные стадии в гетерогенном катализе. Электронные факторы в гетерогенном катализе. Кинетика и механизмы реакций. Адсорбция и диффузия. Промоторы и каталитические яды. Дезактивация и регенерация катализаторов.

**Тема 2. Промышленный катализ.** Химическая переработка углеводородных газов, получение синтез газа и синтеза на его основе. Ключевые процессы нефтепереработки – пиролиз, риформинг, крекинг. Гидрирование. Окислительные процессы – производство ангидридов, оксида этилена, формальдегида. Алкилирование, деалкилирование. Метатезис. Синтез карбоновых кислот. Олигомеризация этилена. Вакер-процесс. Синтез полимеров. Экологические последствия функционирования химической и нефтехимических производств.

## Часть 3

**Тема 1: Состав природных газов. Первичная переработка природных газов.** Процессы переработки метана. Природный газ: свойства состав применение. Подготовка природного газа к разделению (очистка от механических примесей, очистка от газового бензина, очистка от кислых компонентов). Газоразделение (получение инертных компонентов, получение легких компонентов C1-C4, получение газоконденсата). Применение метана. Окислительный пиролиз метана с целью получения ацетилена. Применение ацетилена.

Получение синтез-газа. Паровая конверсия метана, углекислотная конверсия метана, комбинированные методы.

**Тема 2 Продукты на основе синтез-газа.** Синтез Фишера-Тропша. История синтеза. Научные основы процесса: химизм, механизм. Технологическое оформление процесса. Маркетология, логистика современных заводов, состав продуктов. Синтеза метанола. Применение метанола. Синтезы на основе метанола. Научные основы процесса: химизм, механизм. Технологическое оформление процесса. Получение диметилового эфира, катализаторы, технологическое оформление процесса.

**Тема 3. Синтезы на основе оксидов углерода:** Карбонилирование, гидроформилирование. Научные основы процесса: химизм, механизм. Технологическое оформление процесса. Карбоксилирование, синтезы на основе диоксида углерода.

**Тема 4. Получение сырья для нефтехимического синтеза.** Пиролиз этана с целью получения легких олефинов. Применение легких олефинов. Процессы дегидрирования пропана, бутана. Получение каучуков. Перспективные направления переработки углеводородных газов. Процессы ароматизации газообразных олефинов и парафинов.

### Основная литература

1. Biorefineries – Industrial Processes and Products. Ed. Birgit Kamm, Patrick R. Gruber, and Michael Kamm. Wiley. 2006
2. Catalytic Process Development for Renewable Materials. Ed. Pieter Imhof, Jan Cornelis van der Waal. Wiley. 2012
3. Крылов О.В., Матышак В.А. Промежуточные соединения в гетерогенном катализе. М.: Наука. 1996.
4. Гейтс Б., Кетцир Дж., Шуйт Г. Химия каталитических процессов. М.: Мир. 1981.
5. Коллмен Дж., Хигердас Л., Нортон Дж., Хинке Р. Металлорганическая химия переходных металлов. М.: 1989.
6. Шулькин Г.Б. Органические реакции, катализируемые комплексами переходных металлом. М. Наука. 1988.
7. Мастерс К. Гомогенный катализ переходными металлами. М.: Мир. 1983.
8. Шелдон Р. Химические продукты на основе синтез-газа. М. 1987.
9. Хенриц-Оливе Г., Оливе С. Координация и катализ. М.: Мир. 1980.
10. Хенрице Оливе Г., Оливе С. Химия каталитического гидрирования СО. М.: 1987.
11. Накамура А., Цуцуи М. Принципы и применение гомогенного катализа. М.: Мир. 1983.
12. Иванская В.И. Катализ в органической химии. Ленинград: ЛГУ. 1985.
13. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. М. 1981.
14. Крылова А.Ю. Козюков Е.А. Крылова М.В. Химическая переработка природного газа. М.: МАИ. 2006.
15. Козюков Е.А., Крылова А.Ю. Искусственные горючие газы и жидкие топлива. Искусственные горючие газы и жидкие топлива. МАИ. 2008.
16. В.М.Капустин, С.А.Карпов, А.В.Царев. Оксигенаты в автомобильных бензинах. Москва, «КолосС», 2011.
17. А.К.Мановян. Технология переработки природных энергоносителей. Москва, Химия, «КолосС», 2004.
18. Голубева И.А., Жагфаров Ф.Г., Основы Газохимии –М.: Химия 2003,-216 с
19. Адельсон С.В., Вишнякова Т.П., Паушкин Я.М. Технология нефтехимического синтеза - М.:Химия 1985,-608 с.
20. Шелдон Р.А. Химические продукты на основе синтез-газа.-М:Химия, 1987.-248 с.

### Периодическая литература

Публикации в журнале «Нефтехимия» и «Химия твердого топлива» за 2000-2022 гг.

**Авторы программы:**

Член-корреспондент РАН, профессор **Максимов Антон Львович**, кафедра химии нефти и органического катализа, [maх@petrol.chem.msu.ru](mailto:maх@petrol.chem.msu.ru), тел.(495)-939-5569.

доктор химических наук, профессор, кафедра химии нефти и органического катализа  
**Куликова Майя Валерьевна** тел.(495)-939-5569

Кандидат химических наук, доцент **Куликов Альберт Борисович**, кафедра химии нефти и органического катализа, тел.(495)-939-5569